

天津市不同种植年限蔬菜地土壤水分特征影响因素及其演变

沃飞¹, 蔡彦明¹, 田颖², 方堃¹

(1. 农业部环境保护科研监测所, 天津 300191; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要:通过对不同种植年限蔬菜地土壤饱和含水量、田间持水量、萎蔫含水量和有效含水量的分析,研究了土壤水分特征的主要影响因素及其演变趋势。结果表明,种植5 a以上、10 a以上及15 a以上蔬菜地土壤饱和含水量的主要影响因素分别为团聚体、有机质含量、容重及pH值;田间持水量的主要影响因素分别为团聚体含量、结构系数和pH值;有效含水量主要影响因素分别为团聚体含量、结构系数及团聚体含量;萎蔫含水量影响因素不明显。随着种植年限的延长,研究区土壤饱和含水量以及田间持水量呈下降趋势,土壤持水性能、土壤水分供释及利用能力下降。

关键词:蔬菜地;种植年限;水分特征;影响因素;演变;天津

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)01-0011-05

土壤水分既是对气候变化较为敏感的环境因子,也是水循环的一个主要环节^[1]。土壤保持水分和传导水分的能力,取决于土壤的水力学性质^[2],土壤的水力学性质是研究土壤水分特征十分重要的参数之一。目前,关于不同类型土壤水分特征的研究很多^[3-5]。土壤特性存在着时空变异性^[6,7],而田间实际情况表明,即使在土壤质地、类型相同的区域内,同一时刻土壤特性在不同空间位置上也具有空间变异性^[8],因此不同种植年限的同种土壤的水分特征研究具有现实意义。近年来,天津市大力发展蔬菜种植业,2004年天津市蔬菜面积占总播种面积的26.2%,基本形成了粮地相对集中于远郊区县、蔬菜等用地相对集中分布于近郊区县的“近菜远粮”结构格局^[9]。天津市人均水资源量仅为101.92 m³ (2005年),是全国水平的1/16,是典型的重度缺水城市,水资源的极其匮乏严重影响了农业生产。本文以天津市郊区蔬菜地土壤为研究对象,选取不同使用年限蔬菜地土壤(5 a以上、10 a以上、15 a以上),分析了其土壤水分特征演变趋势及其影响因素,以期为该地区蔬菜生产中土壤结构改良及水分合理、有效利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本试验选取天津市西青区辛口镇作为研究区。

辛口镇位于天津市的西南部,总面积62 km²,总人口37 000人,境内属暖温带大陆性季风气候,四季分明。辛口镇是天津市的主要菜篮子生产基地,全镇蔬菜生产面积超过了0.207万公顷,年产各种蔬菜1.8亿kg。近年来,该镇大力实施农业结构调整,实施产业化经营,先后建成了第六埠国家级万亩无公害蔬菜试验示范园区、镇农业试验示范基地、当城万亩蔬菜基地、水高庄农业高新示范区等。

1.2 供试土壤

供试土壤采集自辛口镇设施蔬菜地,土壤类型为壤质潮土,蔬菜种植主要以西红柿、芹菜、茄子、黄瓜等大棚轮作。分别选取设施种植年限5 a以上(不足10 a)、10 a以上(不足15 a)和15 a以上且蔬菜种植方式相同的3种地块,选择具有代表性的土壤剖面,按照自然发生层采集,分为0~20 cm(耕作层),20~45 cm(犁底层),45~60 cm(淀积层),60~100 cm(母质层)四层,样品采集时间为2008年7月。

1.3 试验方法

1.3.1 土壤理化性质测定 土壤容重:用环刀法测定;颗粒组成:吸管法,采用国际制分类;土壤有机质:采用重铬酸钾外加热法进行测定;土壤pH值测定:pH计电位法;结构系数、孔隙度、团聚体和微团聚体含量的具体测定方法见参考文献[10]。测定结果见表1、表2。

收稿日期:2009-05-14

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(农业部环境保护科研监测所)资助项目;农业部“948”项目“农产品产地污染预防与控制管理体系引进与建立”

作者简介:沃飞(1981—),男,江苏宿迁人,主要从事农业环境监测与管理研究。E-mail: wf4152001@163.com。

表 1 不同种植年限蔬菜地土壤剖面理化性质
Table 1 Basic properties of vegetable soil with different planting years in each layer

种植年限 Planting years	深度 Depth (cm)	pH	有机质 Organic matter (g/kg)	容重 Bulk density (g/cm ³)	结构系数 Structure coefficient (%)	孔隙度 Porosity (%)	颗粒组成(%) Grain composition		
							砂粒 Sand	粉砂粒 Silt	粘粒 Clay
5 年以上 Over 5 years	0 ~ 20	8.41	63.2	0.97	93.04	63.25	36.31	30.60	33.09
	20 ~ 45	8.21	12.4	1.23	93.51	53.73	31.22	28.31	40.47
	45 ~ 60	8.04	12.3	1.16	90.29	56.06	26.55	19.22	54.23
	60 ~ 100	8.11	11.2	1.27	76.76	51.92	20.16	46.95	32.89
	加权平均 Weighted average	8.18	22.8	1.19	86.23	55.26	27.11	34.86	38.03
10 年以上 Over 10 years	0 ~ 20	8.02	47.6	1.05	85.57	60.29	48.20	35.82	15.98
	20 ~ 45	7.45	32.0	1.18	69.27	55.61	46.08	37.10	16.82
	45 ~ 60	8.05	16.2	1.27	67.28	52.19	32.55	49.23	18.22
	60 ~ 100	8.34	7.1	1.33	74.06	49.81	31.38	44.71	23.91
	加权平均 Weighted average	8.01	22.1	1.23	74.15	53.71	38.59	41.71	19.70
15 年以上 Over 15 years	0 ~ 20	7.67	52.1	1.16	76.00	56.28	54.79	30.76	14.45
	20 ~ 45	7.88	45.3	1.25	73.06	53.01	38.09	34.31	27.60
	45 ~ 60	7.93	11.4	1.42	71.06	46.54	43.34	33.20	23.46
	60 ~ 100	8.07	5.7	1.49	65.66	43.92	42.34	32.68	24.98
	加权平均 Weighted average	7.92	25.7	1.35	70.39	49.06	43.92	32.78	23.30

表 2 不同种植年限蔬菜地土壤剖面团聚体含量(%)
Table 2 Aggregates content of vegetable soil with different planting years in each layer

种植年限 Planting years	深度(cm) Depth	粒径 Grain diameter					
		> 5mm	5 ~ 2mm	2 ~ 1mm	1 ~ 0.5mm	0.5 ~ 0.25mm	< 0.001mm
5 年以上 Over 5 years	0 ~ 20	3.44	18.38	18.56	23.94	20.34	1.00
	20 ~ 45	0.20	0.48	1.33	5.96	11.88	1.42
	45 ~ 60	0.75	9.05	10.00	26.99	23.03	3.74
	60 ~ 100	1.08	2.68	4.46	11.49	13.37	5.42
	加权平均 Weighted average	1.28	6.23	7.33	14.92	15.84	3.28
10 年以上 Over 10 years	0 ~ 20	3.21	18.54	17.53	18.90	14.48	1.63
	20 ~ 45	4.07	11.42	10.73	10.66	14.23	3.81
	45 ~ 60	0.59	1.97	5.33	13.63	23.63	6.89
	60 ~ 100	0.00	0.00	0.36	2.63	8.87	3.61
	加权平均 Weighted average	1.75	6.86	7.13	9.54	13.54	3.76
15 年以上 Over 15 years	0 ~ 20	7.77	18.56	21.67	26.42	14.36	1.19
	20 ~ 45	1.87	6.46	5.47	16.43	24.62	2.79
	45 ~ 60	0.00	0.21	0.23	3.58	9.17	4.54
	60 ~ 100	0.00	0.02	0.15	0.54	3.83	3.97
	加权平均 Weighted average	2.02	5.36	5.79	10.14	11.94	3.20

1.3.2 水分参数测定 土样饱和后,利用压力膜测定 0.1 × 10⁵ Pa、0.3 × 10⁵ Pa、0.5 × 10⁵ Pa、1.0 × 10⁵ Pa、3 × 10⁵ Pa、5 × 10⁵ Pa、15 × 10⁵ Pa 共 7 个不同压力

下测定土壤含水量。土壤饱和含水量(θ_s)指土壤颗粒间所有孔隙都充满水时的含水量,反应了土壤能持有的最大含水量。采用水吸力为 0.3 × 10⁵ Pa 时

的含水量为田间持水量(θ_f),水吸力为 15×10^5 Pa 时的含水量为萎蔫含水量(θ_w), θ_f 与 θ_w 的差值为有效水含量(θ_a),通过这 4 个水分参数反应土壤的水分特征,结果见表 3。

表 3 不同种植年限蔬菜地土壤各层次水分参数
Table 3 Moisture parameters of vegetable soil with different planting years in each layer

种植年限 Planting years	深度 Depth (cm)	饱和含水量 θ_s Saturated (%)	田间持水量 θ_f Field capacity (%)	萎蔫含水量 θ_w Wilting (%)	有效水含量 θ_a Available (%)
5 年以上 Over 5 years	0 ~ 20	61.85	40.99	4.89	36.10
	20 ~ 45	37.36	30.98	5.38	25.60
	45 ~ 60	42.02	35.52	7.35	28.17
	60 ~ 100	41.90	34.97	6.69	28.28
	加权平均 Weighted average	44.77	35.26	6.10	29.16
10 年以上 Over 10 years	0 ~ 20	53.47	32.71	3.44	29.27
	20 ~ 45	41.98	26.50	3.44	23.06
	45 ~ 60	36.18	23.83	3.23	20.60
	60 ~ 100	32.44	25.89	3.82	22.07
	加权平均 Weighted average	39.59	27.10	3.56	23.54
15 年以上 Over 15 years	0 ~ 20	46.68	29.07	3.08	25.99
	20 ~ 45	33.23	23.88	3.13	20.75
	45 ~ 60	34.57	23.91	4.03	19.88
	60 ~ 100	28.28	22.20	2.97	19.23
	加权平均 Weighted average	34.14	24.25	3.19	21.06

2 结果与分析

2.1 土壤水分特征演变趋势分析

由表 3 可见,随着种植年限的延长,不同层次土壤的水分参数均发生了不同程度的变化。本文选择不同种植年限蔬菜地土壤 0 ~ 20 cm 表层水分参数及 0 ~ 100 cm 剖面水分参数加权平均值进行分析。相对于种植 5 a 以上的蔬菜地表层土壤的 θ_s , 10 a 以上及 15 a 以上的分别下降了 13.55% 和 24.53%; 剖面加权平均值分别下降了 11.57% 和 23.74%。相对于种植 5 a 以上的蔬菜地表层土壤的 θ_f , 10 a 以上及 15 a 以上的分别下降了 20.20% 和 29.08%; 剖面加权平均值分别下降了 23.14% 和 31.23%。 θ_s 以及 θ_f 的逐渐降低,表明了随着种植年限的延长,土壤空隙性能变差,土壤的持水性能下降。

不同种植年限蔬菜地土壤表层(0 ~ 20 cm)水分参数及各水分参数剖面加权平均值占其 θ_s 的比例见图 1。由图可见,种植 5 a 以上的蔬菜地土壤 θ_f 、 θ_a 及 θ_w 占 θ_s 的比例不同程度地高于 10 a 以上和 15 a 以上的。特别是 θ_f 所占比例的下降直接导致 θ_a 以及无效水含量比例下降,从而影响了土壤水分供释及利用能力。

2.2 土壤水分特征影响因素相关性分析

土壤的水分特征与土壤理化性质有关。随着种植年限的延长,蔬菜地土壤的理化性质发生变化^[11,12],导致土壤水分特性的主要影响因素也随之发生了变化。关于土壤水分参数影响因素的研究已有一些报道,如吴华山等对太湖地区水稻土的研究结果表明^[5],影响土壤 θ_s 的因素主要有容重、质地、有机质、土壤团聚度和结构系数;影响土壤 θ_f 的主要因素是容重、有机质、土壤团聚度和结构系数;影响土壤萎蔫系数的主要因素是质地。本文通过 SPSS 软件相关性分析,得出了不同种植年限蔬菜地土壤理化性质与水分参数的相互关系,呈现极显著相关及显著相关的即认为是水分参数的主要影响因素。

可知种植 5 a 以上的蔬菜地土壤 θ_s 主要影响因素为有机质含量、团聚体含量(> 5 mm、5 ~ 2 mm 及 2 ~ 1 mm)、孔隙度和容重; θ_f 主要影响因素为团聚体含量(2 ~ 1 mm、> 5 mm 及 5 ~ 2 mm); θ_w 主要影响因素为 pH 值;有效含水量主要影响因素为团聚体含量(> 5 mm、5 ~ 2 mm 及 2 ~ 1 mm)、有机质含量、孔隙度和容重。种植 10 a 以上的蔬菜地土壤 θ_s 主要影响因素为有机质含量、孔隙度、团聚体含量(5 ~ 2 mm 及 2 ~ 1 mm)、砂粒含量和容重; θ_f 主要影响因

素为结构系数和粒径 <0.001 mm 的微团聚体含量; θ_w 的主要影响因素为粒径 $0.5 \sim 0.25$ mm 团聚体含量;有效含水量主要影响因素为结构系数、孔隙度、粒径 $5 \sim 2$ mm 团聚体含量和容重。种植 15 a 以上的蔬菜地土壤 θ_f 主要影响因素为团聚体含量 (>5 mm、 $5 \sim 2$ mm 及 $2 \sim 1$ mm)、pH 值和粘粒含量; θ_f 主

要影响因素为团聚体含量 (>5 mm、 $5 \sim 2$ mm、 $2 \sim 1$ mm 及 $1 \sim 0.5$ mm)、砂粒含量、pH 值和粘粒含量; θ_w 与土壤理化性质没有显著的相关关系; θ_w 主要影响因素为团聚体含量 (>5 mm、 $5 \sim 2$ mm、 $2 \sim 1$ mm、 $1 \sim 0.5$ mm)、pH 值和粒径 <0.001 mm 的微团聚体含量。上述结果与吴华山等^[5]的研究较为一致。

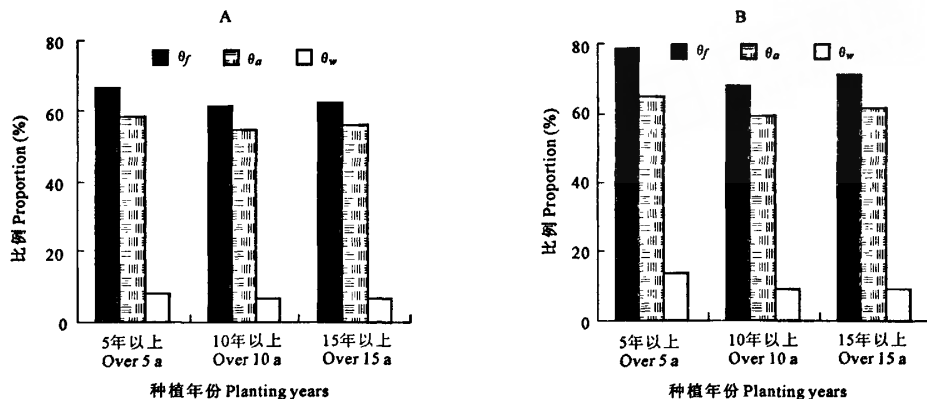


图 1 不同种植年限蔬菜地土壤不同水分特征含量占 θ_f 比例(A, 0~20 cm 土壤; B, 剖面加权平均值)

Fig.1 Proportions of vegetable soil moisture parameters to θ_f in plough horizon (0~20 cm) (A) and average values of soil section (B) with different planting years

2.3 土壤水分参数影响因素演变分析

2.3.1 饱和含水量 通过研究区土壤理化性质与水分参数相关性分析发现,种植 5 a 以上的蔬菜地,土壤 θ_s 的主要影响因素按照相关性大小排序为粒径大于 5 mm 团聚体含量 > 有机质含量 > $5 \sim 2$ mm 团聚体含量 > $2 \sim 1$ mm 团聚体含量 > 容重 > 孔隙度;种植 10 a 以上的排序为容重 > 孔隙度 > 有机质含量 > $2 \sim 1$ mm 团聚体含量 > $5 \sim 2$ mm 团聚体含量 > 砂粒含量;种植 15 a 以上的排序为 pH 值 > $2 \sim 1$ mm 团聚体含量 > 5 mm 团聚体含量 > $5 \sim 2$ mm 团聚体含量 > 粘粒含量。可见,随着种植年限的延长,研究区蔬菜地土壤 θ_s 的主要影响因素逐渐由大粒径的团聚体及有机质占主导向容重、pH 值占主导演变。以上分析表明,种植 5 a 以上的蔬菜地土壤破坏程度较低,大粒径的团聚体及有机质含量较高,是土壤具有较良好结构性及孔隙状况的主要影响因素,对土壤 θ_s 的影响较大,因为团聚体及有机质增加了土壤的孔隙度和吸附性能,利于土壤水分的保持,从而使土壤含水量增加^[13]。而种植 10 a 以上的蔬菜地土体土壤容重变大,说明土体变得紧实而孔隙性减弱,容重成为影响土壤 θ_s 的主要因素。种植 15 a 以上的蔬菜地土壤 pH 值下降,呈明显酸化趋势, pH 值成为影响其 θ_s 的主要因素。

2.3.2 田间持水量 种植 5 a 以上的蔬菜地土壤 θ_f 主要影响因素按照相关性大小排序为粒径 $2 \sim 1$ mm 团聚体含量 > 大于 5 mm 团聚体含量 > $5 \sim 2$ mm 团聚体含量;种植 10 a 以上的排序为结构系数 > 微团聚体含量;种植 15 a 以上的排序为 pH 值 > 5 mm 团聚体含量 > $2 \sim 1$ mm 团聚体含量 > $5 \sim 2$ mm 团聚体含量 > 粘粒含量 > $1 \sim 0.5$ mm 团聚体含量 > 砂粒含量。由此可见,随着种植年限的延长,研究区蔬菜地土壤 θ_f 的主要影响因素由团聚体含量向结构系数及 pH 值演变。这表明,种植 5 a 以上的蔬菜地土壤结构破坏程度低,土壤对水分具有较好的吸持性能,团聚体含量是影响土壤 θ_f 的主导因素;随着种植年限的延长土壤结构变差,土壤酸化板结,结构系数及 pH 值成为影响土壤 θ_f 的主要因素。

2.3.3 萎蔫含水量 种植 5 a 以上的蔬菜地土壤 θ_w 与 pH 值呈显著负相关关系;种植 10 a 以上的蔬菜地土壤 θ_w 与粒径 $0.5 \sim 0.25$ mm 团聚体含量呈显著负相关关系;种植 15 a 以上的蔬菜地土壤 θ_w 与其他因素没有显著的相关关系。可见,种植年限长的蔬菜地土壤 θ_w 的影响因素较种植年限短的复杂且不易确定。

2.3.4 有效水含量 种植 5 a 以上的蔬菜地土壤 θ_e 主要影响因素按照相关性大小排序为粒径大于 5

mm 团聚体含量 > 有机质含量 > 2~1 mm 团聚体含量 > 5~2 mm 团聚体含量 > 容重 > 孔隙度; 种植 10 a 以上的排序为结构系数 > 容重 > 5~2 mm 团聚体含量 > 孔隙度; 种植 15 a 以上的排序为粒径大于 5 mm 团聚体含量 > 2~1 mm 团聚体含量 > 5~2 mm 团聚体含量 > pH 值 > 微团聚体含量 > 1~0.5 mm 团聚体含量。可见, 种植 5 a 以上的蔬菜地土壤中大粒径的团聚体具有良好的持水性, 是影响土壤 θ_s 的主要因素; 种植 10 a 以上的蔬菜地土壤结构受到一定程度的破坏, 从而结构系数和容重成为影响土壤 θ_s 的主要因素; 而种植 15 a 以上的蔬菜地土壤的主要影响因素是粒径大于 5 mm 团聚体含量, 则可能是由于土壤内部结构遭到破坏, 产生了裂缝等大孔隙所致。

3 结 论

1) 种植 5 a 以上、10 a 以上及 15 a 以上蔬菜地土壤 θ_s 的主要影响因素分别为团聚体和有机质含量、容重、pH 值; 土壤 θ_f 的主要影响因素分别为团聚体含量、结构系数和 pH 值; 土壤 θ_w 主要影响因素分别为团聚体含量和结构系数; 5 a 以上的蔬菜地土壤 θ_w 与 pH 值呈显著负相关关系, 10 a 以上的蔬菜地土壤 θ_w 与粒径 0.5~0.25 mm 团聚体含量呈显著负相关关系, 15 a 以上的蔬菜地土壤 θ_w 与其他因素没有显著的相关关系。

2) 随着种植年限的延长, 研究区土壤 θ_s 以及 θ_f 呈下降趋势, 土壤持水性能、土壤水分供释及利用能

力下降。因此可以针对每个时期的水分特征采取提高水分保持和利用的措施。

参 考 文 献:

- [1] 侯琼, 沈建国, 乌兰巴特尔. 典型草原区土壤水分变化特征及影响因素分析[J]. 自然资源学报, 2005, 20(6): 836—842.
- [2] 郭同章, 张建勋, 傅金镒. 黄河上游水土流失预测模型[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 157—162.
- [3] 李贤胜, 商健, 胡德春, 等. 宣城市主要旱耕土壤类型的水分特征[J]. 土壤, 2006, 38(3): 349—351.
- [4] 李孝良, 陈效民, 周炼川, 等. 西南喀斯特石漠化过程对土壤水分特性的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(5): 198—203.
- [5] 吴华山, 陈效民, 叶民标, 等. 太湖地区主要水稻土水力特征及其影响因素[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 181—187.
- [6] 路鹏, 苏以荣, 荣牛铮, 等. 土壤质量评价指标及其时空变异[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(4): 190—194.
- [7] 严应存, 李凤霞, 颜亮东, 等. 长江、黄河源区土壤储水量动态变化规律[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(4): 23—27.
- [8] 马文彪, 张春霞, 杜霖, 等. 旱地地膜集流增墒覆盖法研究[C]//陈震. 土壤资源环境研究. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [9] 张余良, 孙长毅, 李明悦. 天津农业耕地资源现状及存在的问题[J]. 天津农业科学, 2006, 12(3): 38—41.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [11] 赵风艳, 吴凤芝, 刘德, 等. 大棚菜地土壤理化特性的研究[J]. 土壤肥料, 2002(2), 11—13.
- [12] 焦坤, 李德成. 蔬菜大棚条件下土壤性质及环境条件的变化[J]. 土壤, 2003, 2: 94—97.
- [13] 单秀枝, 魏由庆, 严慧峻, 等. 土壤有机质含量对土壤水动力学参数的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 1—9.

Influential factors of moisture characteristics and its changes for vegetable soil with different planting years in Tianjin City

WO Fei¹, CAI Yan-ming¹, TIAN Ying², FANG Kun¹

(1. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture, Tianjin 300191, China;

2. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012; China)

Abstract: Influential factors of moisture characteristics, including saturation water content, field capacity, wilting moisture and available water content, and its changes for vegetable soil with different planting years in Tianjin were analyzed. The results showed that saturation water content of vegetable soil with different planting years (over 5 a, over 10 a and over 15 a) were affected by aggregates contents, soil bulk densities and pH values respectively. Field capacities of them were affected by aggregates contents, structure coefficients and pH values respectively. Available water contents of them were affected by aggregates contents, structure coefficients and aggregates contents. However, influential factors of wilting moisture were not obvious. And as the increasing of vegetable planting years, soil saturation water content and field capacity were reducing. Thus, water holding and supplying abilities of soil were reducing. It needed improving water adsorption and using ability of vegetable soil, especially with longer planting years. These results can provide references for water holding and reasonable using of soil with different planting years in arid areas such as Tianjin.

Keywords: vegetable soil; planting years; moisture characteristics; influential factor; change; Tianjin